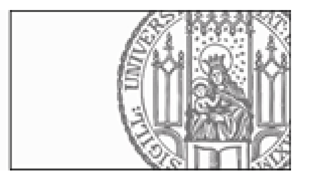




Prof. Dr. Göran Kauermann
+49 (0)89 2180-6253
goeran.kauermann@lmu.de
Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff
+49 (0)89 2180-2789
kuechenhoff@stat.uni-muenchen.de
Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

Dr. Ursula Berger
+49 (0)89 440077486
ursula.berger@lmu.de
IBE
Marchioninistr. 15
81377 München

CODAG Bericht Nr. 22
05.11.2021

1. **Eine Risikobetrachtung zur Beurteilung der Wirkung der Impfquote auf Hospitalisierungen am Beispiel des Saarlandes**

Göran Kauermann, Michael Windmann, Cornelius Fritz

2. **Analysen zur aktuellen Lage: Nowcast der Hospitalisierungsinzidenzen auf Bundeslandebene**

Maximilian Weigert, Helmut Küchenhoff, Wolfgang Hartl[1], Daniel Schlichting, Diellë Syliqi, Yeganeh Khazaei, Johannes Bracher[2], Daniel Wolffram[2]

Vorherige CODAG Berichte und weitere Forschungsarbeiten sind auf der CODAG Homepage zu finden

https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html

[1] Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM
[2] Karlsruher Institut für Technologie und Heidelberger Institut für Theoretische Studien

1. Eine Risikobetrachtung zur Beurteilung der Wirkung der Impfquote auf Hospitalisierungen am Beispiel des Saarlandes

Göran Kauermann, Michael Windmann, Cornelius Fritz

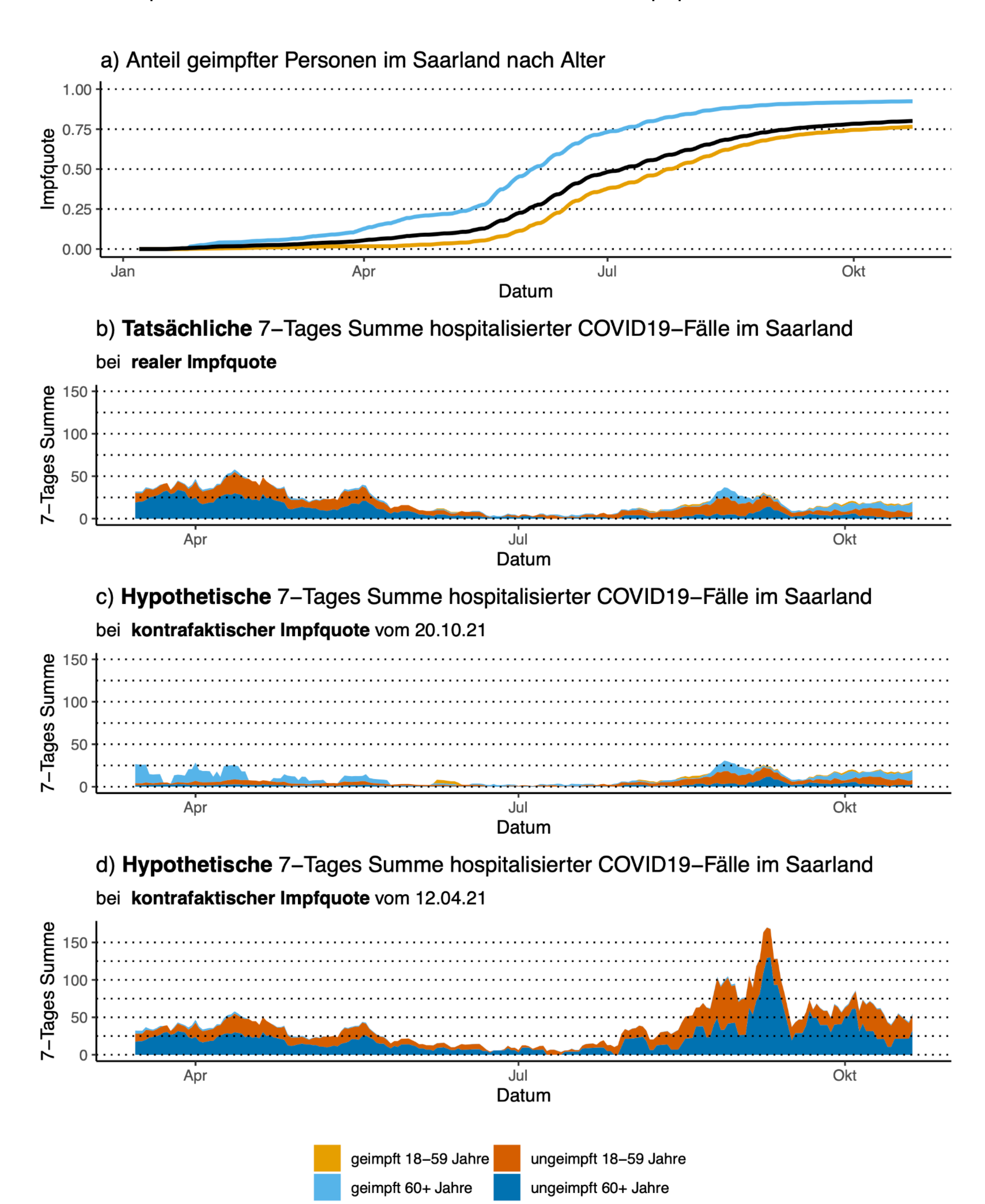
Die derzeit zentrale Frage ist, in welchem Ausmaß COVID-19 Infektionen das Gesundheitssystem im anstehenden Winter belasten werden, inwieweit dies von der Impfquote abhängt und ob einschränkende Maßnahmen notwendig sein werden. Ohne grundlegende Annahmen können diese Fragen nicht beantwortet werden. Anders als Modellierer, die durch mathematische Simulationsmodelle mit gegebenen Vorannahmen versuchen die zukünftige Entwicklung einzuschätzen, wollen wir hier einen statistischen Ansatz vorschlagen. Unser Ansatz beruht dabei auch auf Annahmen, die wir aber klar und verständlich kommunizieren können. Wir demonstrieren unsere Argumentation mit Daten aus dem Saarland, die uns von den dortigen Gesundheitsbehörden zur Verfügung gestellt wurden. Wir verweisen an dieser Stelle bereits auf zwei Dinge. Erstens, die vorgeschlagene Methodik ist leicht auf andere Bundesländer übertragbar, alle notwendigen Daten liegen beim RKI (zugangsbeschränkt) vor. Zweitens, die hier vorgestellten Ergebnisse für das Saarland sind aufgrund von sehr unterschiedlichen Impfquoten **nicht** auf andere Bundesländer übertragbar.

Als Datenbasis verwenden wir die Hospitalisierungen (mit und) wegen COVID-19 im Saarland zwischen dem 15. März und 20. Oktober, jeweils getrennt nach Impfstatus und den zwei Altersgruppen der 18- bis 59-Jährigen und über 60-Jährigen. Die Alterseinteilung entspricht der vom Robert Koch-Institut (RKI) gewählten Gruppierung und inkludiert die Personengruppen, für die seit Frühjahr 2020 ein Impfstoff zugelassen ist. Eine Person wird dabei als “geimpft” bezeichnet, wenn der vollständige Impfschutz vorliegt, und als “ungeimpft”, wenn kein oder ein unvollständiger Impfschutz vorliegen.

Abbildung 1.1 a) zeigt den Impfstatus im Saarland in den betrachteten Altersgruppen, woraus ersichtlich ist, dass mit Stand 20.10.2021 in der Altersgruppe der über 60-Jährigen 92% und der Altersgruppe von 18-59-Jährigen 76% vollständig geimpft sind.

Im Gegensatz zu der 7-Tage Inzidenz der Infizierten, welche durch eine zeitvariierende Dunkelziffer verzerrt ist, ermöglicht die Analyse von Hospitalisierungen ein weitgehend unverzerrtes Bild der Infektionslage. Genauer gesagt betrachten wir die 7-Tages Summe der Hospitalisierungen, also die absolute Anzahl an Neuaufnahmen der letzten 7 Tage. Allein die Fragestellung ob die Hospitalisierung mit oder wegen einer COVID-19 Infektion stattgefunden hat, mag eine gewisse Unsicherheit bieten, welche wir aber in den folgenden Analysen vernachlässigen.

Abbildung 1.1.: a) Impfquoten im Saarland nach Alter. b) Tatsächliche 7-Tages Summe hospitalisierter COVID19-Fälle. c) Hypothetische 7-Tages Summe hospitalisierter COVID19-Fälle bei kontrafaktischer Impfquote vom 20.10.21. d) Hypothetische 7-Tages Summe hospitalisierter COVID19-Fälle bei kontrafaktischer Impfquote vom 12.04.21.



In Abbildung 1.1 b) stellen wir die Hospitalisierungen aufgeschlüsselt nach Alter und Impfstatus dar. **Wir sehen viele Hospitalisierungen im Frühjahr und im Herbst, wobei verglichen mit dem Herbst im Frühjahr in der Spitze doppelt so viele Hospitalisierungen beobachtet worden sind.** Die Hospitalisierungen bei den ungeimpften über 60-Jährigen sind im Herbst stark zurückgegangen, was möglicherweise an der hohen Imfpquote in dieser Altersgruppe liegt. Weiter ist wie zu erwarten im Herbst die Zahl der geimpften Hospitalisierten höher als im Frühjahr, da im Herbst eine deutlich höhere Impfquote vorliegt als im Frühjahr (siehe Abbildung 1.1.a). Je höher die Zahl der Geimpften desto höher ist auch die Zahl der beobachteten Impfdurchbrüche.

Die veränderten Impfquoten erlauben es uns zwei Fragestellungen zu verfolgen:

1) **Wie hätte die Hospitalisierung im Frühjahr ausgesehen, wenn wir den Impfstatus von heute hätten?**
2) **Wie würde die Hospitalisierung heute aussehen, wenn wir den Impfstatus vom Frühjahr hätten.**

Zur Beantwortung dieser Fragen verfolgen wir eine sogenannte kontrafaktische Argumentation. Dazu unterstellen wir hypothetische Impfquoten und betrachten die sich daraus ergebenden Hospitalisierungen, sofern die anderen Rahmenbedingungen komplett unverändert bleiben. Abbildung 1.1 c) zeigt die kontrafaktische Hospitalisierung zur Frage 1). Dazu gewichten wir die vier Verläufe der Hospitalisierungen, wie sie in Abbildung 1.1 b) dargestellt sind, mit den Populationsgrößen bei einer (kontrafaktisch) angenommenen Impfquote mit Stand 20.10.21. **Man erhält in Summe hypothetische Werte für die Anzahl von Personen, die innerhalb der vergangenen sieben Tagen mit COVID-19 hospitalisiert worden wären, wenn die Impfquote vom 20.10.21 schon zu allen früheren Zeitpunkten gegolten hätte.** Anders ausgedrückt, wir schätzen die erwartete Anzahl an Hospitalisierungen in der dritten Welle, wenn es eine so hohe Impfquote wie heute gegeben hätte. Dabei wird nach Alter und Impfstatus unterschieden.

Aus Abbildung 1.1 c) erkennt man, dass bei Vorliegen dieser kontrafaktischen Impfquote die Hospitalisierungen in der dritten Welle (März/April) in der Höhe vergleichbar gewesen wären mit den Hospitalisierungen in der vierten Welle (August/September). **Man kann also in der dritten und bisherigen vierten Welle ein in der Intensität vergleichbares Infektionsgeschehen feststellen.** Neben der Gesamtintensität gibt es aber auch Unterschiede innerhalb der betrachteten Gruppen. In der dritten Welle wären Geimpfte in der Altersklasse 60+ deutlich stärker betroffen als in der vierten Welle. Ungeimpfte wären in der dritten Welle deutlich weniger von Hospitalisierungen betroffen gewesen als in der vierten Welle. Zu beachten ist dabei, dass in der dritten Welle starke Einschränkungen galten (Kontaktbeschränkungen, etc.). **Es kann somit geschlossen werden, dass bei einer deutlich niedrigerer Impfquote die vierte Welle (ohne weitere Einschränkungen) eine noch höherer Intensität gehabt hätte.**

Im Umkehrschluss können wir fragen, wie sähe die bisherige vierte Welle aus, wenn wir die niedrigen Impfquoten der dritten Welle heute noch hätten, also bei einer kontrafaktischen Impfquote zur Beantwortung der Frage 2). Wir halten dabei die Impfquote auf dem Stand vom 12.04.21 fest, dem Maximum der Hospitalisierungen der dritten Welle. Abbildung 1.1 d) zeigt die Hospitalisierungen bei der kontrafaktischen Impfquote vom 12.04.21. **Wir sehen, dass der Peak der vierten Welle deutlich höhere Hospitalisierungen im Saarland zur Folge gehabt hätte, wären die Impfungen nicht kontinuierlich über das Jahr auf das in Abbildung 1.1 a) dargestellte hohe Niveau vorangeschritten** und hätte es dennoch keine Kontaktbeschränkungen gegeben**.**

Zusammenfassend kann man somit festhalten, dass die (bisherige) vierte Welle Im Saarland in Bezug auf das Infektionsgeschehen <u>deutlich stärker</u> war als die dritte Welle, gemessen an den Hospitalisierungen mit COVID-19. In absoluten Zahlen ergeben sich durch die hohe Impfquote vor Ort hingegen deutlich weniger Hospitalisierungen.

Die kontrafaktischen Analysen beruhen auf Daten des RKI, die für alle Bundesländer in exakt der gleichen Form von den lokalen Gesundheitsbehörden abgreifbar sind. Die Daten sind allerdings nicht frei zugänglich. Die hier analysierten Daten wurden uns von den saarländischen Gesundheitsbehörden zur Verfügung gestellt. Das bedeutet, **die Analysen beziehen sich auf das Impf- und Infektionsgeschehen des Saarlandes und sind nicht auf andere Bundesländer übertragbar.** Wir empfehlen diese oder ähnliche Analysen auch für andere Bundesländer durchzuführen, unter anderem bevölkerungsreiche Bundesländer wie Bayern. Die hierzu notwendigen Daten wurden uns allerdings für Bayern von den lokalen Behörden trotz Nachfrage bis dato nicht zur Verfügung gestellt.

Zu beachten ist ferner, dass die kontrafaktische Betrachtung unterstellt, dass sich einzig die Impfquote über die Zeit ändert, nicht aber die sonstigen Rahmenbedingungen wie Kontakt-Beschränkungen und/oder saisonale Effekte. Insofern stellen die Betrachtungen keine Prognose oder Schätzung dar, sondern dienen eher der Einschätzung der Größenordnung in Bezug auf die Belastung des Gesundheitssystems sowie zur Quantifizierung der Wirkung der Impfungen.

2. Analysen zur aktuellen Lage: Nowcast der Hospitalisierungsinzidenzen auf Bundeslandebene

Maximilian Weigert, Helmut Küchenhoff, Wolfgang Hartl[3], Daniel Schlichting, Diellë Syliqi, Yeganeh Khazaei, Johannes Bracher[4], Daniel Wolffram[4]

Im letzten CODAG-Bericht Nr. 21 haben wir ausführlich dargestellt, dass eine Reihe von Faktoren existieren, die zu einer deutlichen Unterschätzung der aktuellen Meldezahlen zur Hospitalisierungsinzidenz führen. Wir haben daher ein Nowcasting-Verfahren zur reliablen Schätzung der tatsächlichen Hospitalisierungsinzidenz vorgeschlagen. Aktuelle Werte für Bayern sind auf unserer Webseite zu finden.

Parallel zu unseren Arbeiten wird aktuell auf Initiative des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) eine internetbasierte Vergleichs- und Evaluationsplattform für Nowcasting-Verfahren (hospitalisation-nowcast-hub) entwickelt. Hierbei werden die vom Robert-Koch-Institut bereitgestellten Daten zur Hospitalisierung so aufbereitet, dass ein sinnvolles Nowcasting auch auf Ebene der Bundesländer möglich ist. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse von mehreren Forschungsgruppen aufbauend auf neuen oder bereits etablierten Methoden (z.B. Abbott et al 2021, Günther et al 2020, McGough et al 2020, Schneble et al 2021, van de Kassteele 2019) ist geplant. Die einzelnen Nowcasting-Verfahren werden darüber hinaus in sog. Ensemble-Nowcasts zusammengeführt. Derartige kombinierte Vorhersagen haben sich z.B. für Todeszahlen als verlässlicher erwiesen als Einzelmodellvorhersagen (Cramer et al 2021). Das RKI selbst publiziert im wöchentlichen Lagebericht auf Nowcasting basierende Schätzungen zur 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz auf Bundesebene.

Im Folgenden zeigen wir die aktuellen Ergebnisse für Deutschland insgesamt (Abbildung 2.1) und für die einzelnen Bundesländer (Abbildung 2.2; hier gibt es noch keine vom RKI publizierte Nowcast-Schätzungen) unter Verwendung des Nowcasting-Verfahrens von Schneble et al. (2021) sowie die aktuell an einem bestimmten Tag gemeldeten Hospitalisierungsinzidenzen.

Drei Aspekte sind besonders relevant:

1. Nach einem über mehrere Wochen weitgehend konstanten Verlauf ist auf Bundesebene seit Anfang/Mitte Oktober ein kontinuierlicher Anstieg der Hospitalisierungsinzidenz zu beobachten.
2. Auch mit dem von uns verwendeten Nowcasting-Verfahren kann – in Überein-stimmung mit den RKI-Analysen – gezeigt werden, dass die gemeldete aktuelle Hospitalisierungsinzidenz den korrekten Wert erheblich unterschätzt. Beispielsweise wird die für den 02.11. angegebene 7-Tage-Inzidenz für Deutschland (Datenstand: 03.11.) durch das Nowcasting-Verfahren um den Faktor 1.64 nach oben korrigiert. Im Gegensatz zum Nowcast lässt die alleinige Betrachtung der aktuell gemeldeten

[3] Klinik für Allgemeine, Viszeral-, und Transplantationschirurgie, Campus Großhadern, KUM
[4] Karlsruher Institut für Technologie und Heidelberger Institut für Theoretische Studien

Daten den neuerlichen und bis heute anhaltenden Anstieg der Hospitalisierungsinzidenz nicht erkennen.
3. Auch unter Verwendung des Nowcasting-Verfahrens finden sich relevante Unterschiede hinsichtlich der Zeitreihen zwischen den einzelnen Bundesländern.

Abbildung 2.1: Über das Nowcasting-Verfahren geschätzte tägliche Anzahl an Hospitalisierungen in Deutschland (linke Grafik) sowie die daraus resultierende 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz pro 100,000 Einwohner (rechte Grafik) zum Datenstand 03.11.2021. Als Bezugspunkt wird das Infektions-Meldedatum verwendet. Die Darstellung des Nowcasts erfolgt bis zum 02.11.2021.

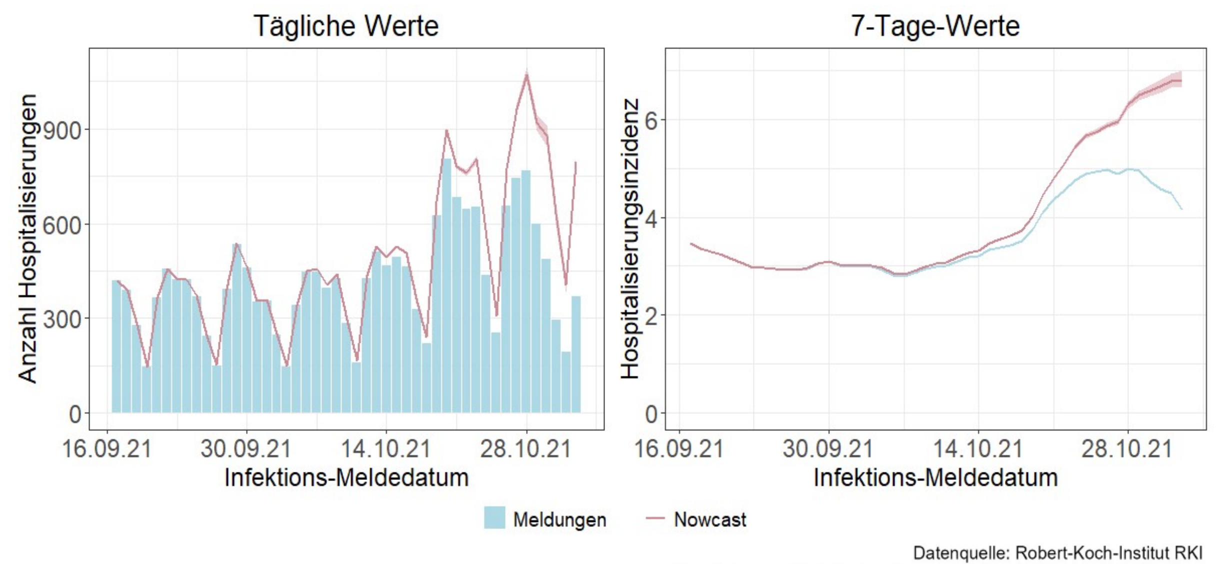


Abbildung 2.2: Über das Nowcasting-Verfahren geschätzte 7-Tage-Hospitalisierungs-inzidenzen pro 100.00 Einwohner in den deutschen Bundesländern zum Datenstand: 03.11.2021 Als Bezugspunkt wird das Infektions-Meldedatum verwendet. Die Darstellung des Nowcasts erfolgt bis zum 02.11.2021. Für Bayern ist der gemäß der Krankenhausampel kritische Wert von 1200 Neuinfektionen innerhalb einer Woche markiert.

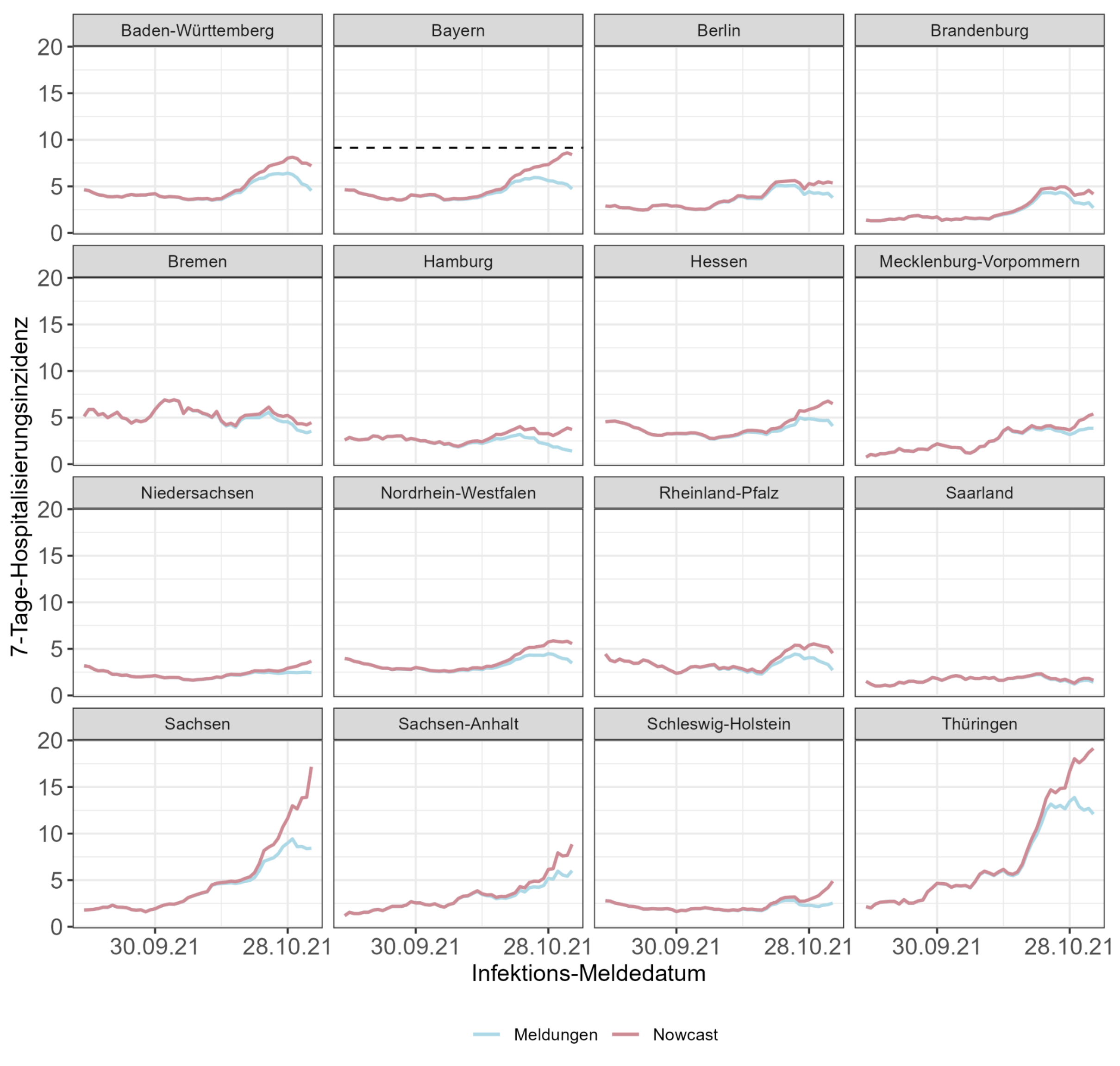


Tabelle 2.1: Vergleich der 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenzen in den verschiedenen Bundesländern. Angegeben sind die gemeldete sowie die durch das Nowcasting-Verfahren geschätzte 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz für den 02.11.2021 (Datenstand 03.11.2021), der durch und die prozentuale Veränderung der geschätzten 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz im Vergleich zur Vorwoche.

Bundesland	Gemeldete 7-Tage-Hospitalisierungs-inzidenz pro 100.000	Geschätzte 7-Tage-Hospitalisierungs-inzidenz pro 100.000	Korrekturfaktor durch Nowcasting (geschätzte / gemeldete Inzidenz)	Änderung der geschätzten 7-Tage-Hospitalisierungsinzidenz in % im Vergleich zur Vorwoche
Thüringen	12.09	19.14	1.58	29.0
Sachsen	8.42	17.17	2.04	80.7
Sachsen-Anhalt	6.01	8.85	1.47	81.8
Bayern	4.72	8.40	1.78	17.9
Baden-Württemberg	4.54	7.20	1.59	-3.4
Deutschland	**4.15**	**6.81**	**1.64**	**16.2**
Hessen	4.10	6.49	1.58	14.2
Nordrhein-Westfalen	3.47	5.56	1.60	5.7
Mecklenburg-Vorpommern	3.86	5.39	1.40	39.5
Berlin	3.79	5.36	1.41	0.0
Schleswig-Holstein	2.55	4.88	1.91	78.4
Rheinland-Pfalz	2.71	4.54	1.68	-15.5
Bremen	3.52	4.46	1.27	-14.8
Brandenburg	2.70	4.18	1.55	-15.2
Hamburg	1.41	3.74	2.65	13.5
Niedersachsen	2.46	3.69	1.50	41.7
Saarland	1.42	1.63	1.15	1.3

Interpretation der Ergebnisse:

Bundesweit ist ein erheblicher Anstieg der Hospitalisierungsinzidenz erkennbar. Der Vergleich zwischen den verschiedenen Bundesländern zeigt deutliche regionale Unterschiede. Besonders kritisch ist die Lage in Thüringen und Sachsen, in diesen beiden Ländern liegen die geschätzten Hospitalisierungsinzidenzen auf einem sehr hohen Niveau (ca. 19 bzw. 17 pro 100.000) und steigen weiterhin an. Auch Sachsen-Anhalt und Bayern weisen hohe Inzidenzen mit deutlich steigender Tendenz auf. Daher sind besonders in diesen vier Bundesländern Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie, insbesondere die Ausweitungen der Impfungen bzw. Booster-Impfungen, erforderlich.

In Baden-Württemberg und Hessen liegen die Inzidenzen auf einem ähnlichen Niveau wie im Bundesdurchschnitt und zeigen keinen eindeutigen Trend. Alle übrigen Bundesländer weisen Werte unter 6 pro 100.000 Einwohner auf, wobei einzig für Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein und Niedersachsen aktuell ein Aufwärtstrend bei eher niedrigem Niveau zu beobachten ist. Insgesamt decken sich diese Analysen nur teilweise mit den entsprechenden Trends der 7-Tage-Meldeinzidenz bezüglich der Neuinfektionen. Für diesen Parameter hat das Robert-Koch-Institut in fast allen Bundesländern ab etwa Mitte Oktober bis Anfang November eine Zunahme festgestellt. Diese Diskrepanz weist auf einen weiterhin bestehenden großen qualitativen Unterschied zwischen Melde- und Hospitalisierungsinzidenz hin.

Literatur

Abbott, S. epinowcast: *Nowcast right censored epidemiological count data.* R package. https://doi.org/10.5281/zenodo.5637166

Cramer, E., Ray, EL, Lopez, V.M., Bracher, J. et al. *Evaluation of individual and ensemble probabilistic forecasts of COVID-19 mortality in the US.* Preprint. https://doi.org/10.1101/2021.02.03.21250974

Günther, F., Bender, A., Katz, K., Küchenhoff, H., and Höhle, M. *Nowcasting the COVID-19 pandemic in Bavaria*. Biometrical Journal. 2020, https://doi.org/10.1002/bimj.202000112

McGough, S.F., Johansson M.A., Lipsitch, M. and Menzies, N.A. *Nowcasting by Bayesian Smoothing: A flexible, generalizable model for real-time epidemic tracking.* PLOS Computational Biology 2020. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007735

Schneble, M., De Nicola, G., Kauermann, G., and Berger, U. *Nowcasting fatal COVID-19 infections on a regional level in Germany.* Biometrical Journal. 2020. https://doi.org/10.1002/bimj.202000143

van de Kassteele, J., Eilers, P.H.C. & Wallinga, J. *Nowcasting the Number of New Symptomatic Cases During Infectious Disease Outbreaks Using Constrained P-spline Smoothing.* Epidemiology. 2019, https://dx.doi.org/10.1097%2FEDE.0000000000001050